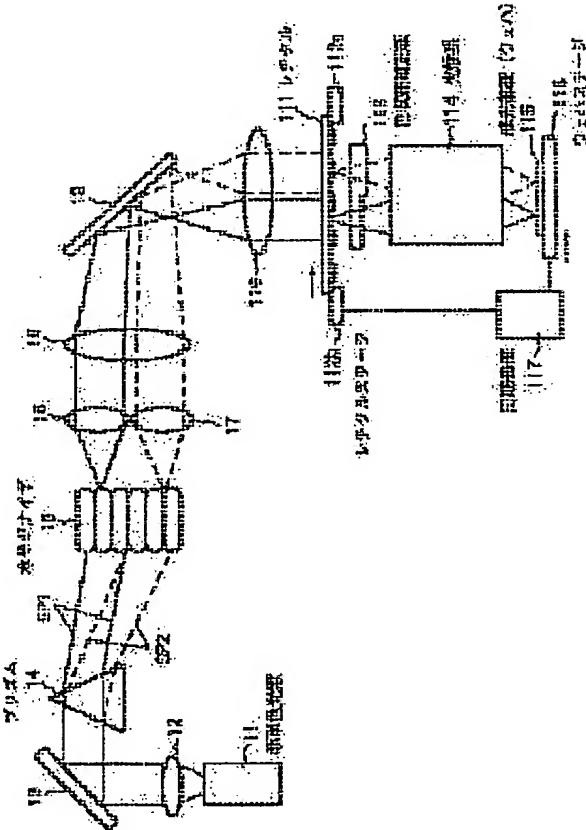


**Espacenet****Bibliographic data: JP 9115811 (A)****PROJECTION EXPOSURE APPARATUS AND METHOD**

**Publication date:** 1997-05-02  
**Inventor(s):** TANABE YASUYOSHI +  
**Applicant(s):** NEC CORP +  
**Classification:**  
- international: G03F7/20; H01L21/027; (IPC1-7): G03F7/20; H01L21/027  
- European: G03F7/20T16  
**Application number:** JP19950272269 19951020  
**Priority number(s):** JP19950272269 19951020  
**Also published as:**  
• JP 2692660 (B2)

**Abstract of JP 9115811 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve light availability of a light source having a quasimonochromatic spectrum. **SOLUTION:** Colors of a light beam having quasi-monochromatic spectrum characteristics from a light source 11 are separated by using a prism 14. Respective separated colors are applied as spectrum light beams to corresponding positions of a reticle 111. The color aberration mainly in the optical axis direction of the image in a pattern region of the reticle 111 are corrected by correcting the optical path lengths thereof by using a chromatic aberration correcting plate 113. Reticle stages 112a, 112b and a wafer stage 116 are scanned parallel to the paper by using a synchronous mechanism 117 while maintaining an image-formation relationship.



Last updated:  
26.04.2011 Worldwide  
Database 5.7.23.1; 93p

**(19) Japan Patent Office (JP)**  
**(12) Published Unexamined Patent Application (A)**

(11) Publication No. of Unexamined Application: **Kokai No. H9-115811**  
 5 (43) Date of Publication of Unexamined Application: **1997.05.02**

---

<b>(51) Int. Cl. <sup>6</sup></b>	<b>Identification Code</b>	<b>JPO File No.</b>	<b>FI</b>	<b>Technical Indicator</b>
H01L 21/027			H01L 21/30 515 D	
G03F 7/20	521		G03F 7/20 521	
			H01L 21/30 515 B	

10 **Request for Examination:** **Requested**  
**Number of Claims:** **6**  
**Method of Filing:** **OL (Online)**  
**Total Number of Pages:** **6**

---

15 (21) Patent Application No.: **H7-272269**  
 (22) Filing Date: **1995.10.20**  
 (71) Applicant:  
 000004237  
**NEC CORPORATION**  
 7-1, Shiba 5-chome, Minato-ku, Tokyo

20 (72) Inventor:  
**Yasuyoshi TANABE**  
 c/o NEC Corporation  
 7-1, Shiba 5-chome, Minato-ku, Tokyo

(74) Agent: **Patent Attorney Kaneyuki MATSUURA**

---

25

**(54) Title of Invention**

**PROJECTION EXPOSURE APPARATUS AND PROJECTION EXPOSING  
 METHOD**

**(57) Abstract****30 Problems Solved**

Because only some of a plurality of lights, the colors of which have been separated out by a chromatically dispersive element, can pass through a slit, it is not possible to utilize the entire spectrum of laser light from a light source, which reduces light utilization efficiency and, in turn, leads to a decrease in the throughput of a projection exposure

apparatus. The conventional apparatus, which uses a catadioptric optical system, is disadvantageous in that it is difficult to design and manufacture the optical system.

### Solution

A light beam, which has quasi-monochromatic spectral characteristics, from a light source 11 is subject to chromatic separation by a prism 14, and the colored lights that were separated out are radiated as lights of different spectrums to corresponding positions on a reticle 111. An image of the pattern area of the reticle 111 is corrected principally for chromatic aberration in the optical axis directions by using a chromatic aberration correcting plate 113 to correct optical path lengths. In addition, illumination unevenness is corrected by using a synchronization mechanism 117 to scan reticle stages 112a, 112b and a wafer stage 116 while maintaining an image forming relationship in the directions within the paper plane.

## CLAIMS

1. A projection exposure apparatus, comprising:

5 a light source, which emits a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics;

10 a chromatically separating element, which separates the light beam into different wavelengths;

15 a reticle, wherein a pattern is formed;

20 an illumination optical system, which radiates light beams of a plurality of wavelengths, which were separated out by the chromatically separating element, to different positions on the reticle;

25 a projection optical system, which transfers an image of the pattern of the reticle, which was obtained by illumination by the illumination optical system, onto a photosensitive substrate;

30 a chromatic aberration correcting means, which corrects chromatic aberration that arises at different positions on the reticle; and

35 an illumination unevenness correcting means, which corrects illumination unevenness that arises at different positions on the reticle.

2. A projection exposure apparatus according to claim 1, wherein

20 the chromatic aberration correcting means is a chromatic aberration correcting plate that is provided in the projection optical system and corrects optical path lengths.

3. A projection exposure apparatus according to claim 1, wherein

the chromatic aberration correcting means is configured to tilt a first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, with respect to an optical axis of the light radiated onto the photosensitive substrate via the projection optical system.

25 4. A projection exposure apparatus according to any one claim of claim 1 through claim 3, wherein

the illumination unevenness correcting means is a synchronization mechanism that synchronously scans the first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, and a second stage, whereon the reticle is mounted.

30 5. A projection exposure apparatus according to any one claim of claim 1 through claim 3, wherein

the illumination unevenness correcting means is a luminous flux intensity correcting plate, which is disposed in the illumination optical system and at a position conjugate to the reticle; that is configured such the transmittance varies within its surface.

6. A projection exposing method, comprising the steps of:

separating a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics into different wavelengths using a chromatically separating element;  
radiating the plurality of light beams to different positions on a reticle, whereon a pattern is formed, thereby correcting chromatic aberration and illumination unevenness that arise at different positions on the reticle; and  
transferring the obtained pattern image of the reticle onto a photosensitive substrate.

#### **Detailed Explanation of the Invention**

[0001]

#### **10 Field of the Invention**

The present invention relates to a projection exposure apparatus and a projection exposing method, and more particularly relates to a projection exposure apparatus and a projection exposing method that is used in the transfer of a circuit pattern during a process of manufacturing a semiconductor integrated circuit and the like.

[0002]

#### **Related Art**

A step-and-repeat type reduction projection exposure apparatus, which projects the g-line or i-line spectrum from an ultrahigh pressure mercury vapor lamp that serves as a light source, that is, a so-called stepper, plays a central role in the lithographic process performed in the manufacture of a semiconductor integrated circuit. However, recently, the level of integration of semiconductor integrated circuits has continued to increase and, to improve stepper resolving power, a stepper that uses a high brightness and high output KrF excimer laser or ArF excimer laser, which generates light of a shorter wavelength, as the light source is receiving attention.

[0003]

The materials that can be used in a projection lens in the wavelength band of a KrF excimer laser (wavelength: 248 nm) or an ArF excimer laser (wavelength: 193 nm) are limited to synthetic quartz, fluorite, and the like. However, depending on the quality and size of the crystal material, fluorite can be subject to considerable limitations from the standpoint of lens design and manufacture; consequently, a projection lens that is made of a single glass material, such as synthetic quartz, is generally used.

[0004]

When a dioptric optical system, which comprises only lenses, is used as the projection optical system, a large amount of chromatic aberration is generated, which necessitates the

narrowbanding of the spectral width of the excimer laser light source. In the case of a KrF excimer laser, narrowbanding the spectral width to approximately 1 pm is achieved by providing a wavelength selecting device such as a grating or a prism. Currently, a stepper that uses such a KrF excimer laser is commercialized.

5 [0005]

The shorter the wavelength, the greater the chromatic dispersion of the synthetic quartz; consequently, in the case of an ArF excimer laser, it is necessary to narrow the bandwidth to 0.3 pm, and this has not yet been achieved. To solve this problem, a projection exposure apparatus is conventionally known (refer to Japanese Unexamined Patent 10 Application Publication No. H01-289113) that performs chromatic separation by inserting a chromatically dispersive element 54 in an illumination optical system, as shown in the block diagram in **FIG. 5**.

[0006]

In **FIG. 5**, narrowbanded laser light emitted from an excimer laser apparatus 51 is transformed to parallel light by a collimator lens 52, is reflected by a mirror 53, and furthermore is separated into SP1, SP2 by the chromatic separation of the chromatically dispersive element 54. The light SP1, which has been separated out by chromatic separation, passes through a relay lens 55, transmits through slits 56a, 56b, passes through a relay lens 57, and enters a homogenizer 58; however, the light SP2, which has been separated out by chromatic separation, is obstructed by the slits 56a, 56b.

[0007]

The light SP1, which passed through the homogenizer 58, passes through relay lenses 59, 60, is reflected by a mirror 61, which changes the optical path of the light SP1, is furthermore condensed to an appropriate degree by a condenser lens 62, after which it illuminates a pattern area on a reticle 63 with uniform luminous flux intensity. An image of this pattern area is reduced by a projection optical system 64, and is then projected onto a wafer 65, which is mounted on a wafer stage 66, thereby exposing the wafer 65.

[0008]

In this conventional projection exposure apparatus, given that light in the spectrum used in the exposure and light in an unnecessary spectrum have different condensing positions owing to the chromatic aberration of the condenser lens, the slits 56a, 56b, which are disposed at the condensing position of the image forming spectral light from the condenser lens, separate the laser light into image forming spectral light SP1 and unnecessary spectral light SP2 and extract only the image forming spectral light SP1; consequently, the

intermixing of unnecessary spectral light with the illumination light is reduced, and the bandwidth of the spectrum of the light beam is thereby substantially narrowed.

[0009]

In addition, a projection exposure apparatus is conventionally known (refer to

5 Japanese Unexamined Patent Application Publication No. H02-66510) that significantly ameliorates the problem of chromatic aberration by using as the projection optical system a catadioptric optical system, which comprises lenses and mirrors. According to this conventional projection exposure apparatus, achromatism with a spectral width of 2 nm is possible at a wavelength of 193 nm. At this time, the entire spectrum is available without any  
10 narrowbanding of the ArF excimer laser.

[0010]

**Problems Solved by the Invention**

Nevertheless, in the former conventional projection exposure apparatus, the light **SP1** that the chromatically dispersive element **54**, which is inserted in the illumination optical system as shown in **FIG. 5**, separated out by chromatic separation passes through the slits **56a, 56b**, but the light **SP2** cannot pass therethrough; consequently, it is not possible to utilize the entire spectrum of the laser light from the light source **51**, which reduces light utilization efficiency and in turn leads to a drop in the throughput of the projection exposure apparatus.

[0011]

20 In addition, in the latter conventional projection exposure apparatus, although the entire spectrum is available without any narrowbanding of the ArF excimer laser, the catadioptric optical system has advantages over the dioptric optical system from the standpoint of chromatic aberration; however, the catadioptric optical system is disadvantageous because it is difficult to design and manufacture the optical system.

25 [0012]

In addition, an  $Xe_2$  excimer lamp, whose wavelength is shorter than that of an ArF excimer laser, is also used as the light source. The center wavelength of such a light source is 172 nm, and the full width at half maximum is 14 nm. If an excimer lamp is used as the light source, then even in a catadioptric optical system only some of the spectrum of the light  
30 source can be utilized, which in turn leads to a drop in the throughput of the projection exposure apparatus.

[0013]

The present invention takes the above points into consideration, and an object of the present invention is to provide a projection exposure apparatus and a projection exposing

method that comprises a projection optical system whose light utilization is high with respect to a light source that has a quasi-monochromatic spectrum.

[0014]

#### Means for Solving the Problems

5 To achieve the abovementioned object, a projection exposure apparatus according to the present invention is a projection exposure apparatus that comprises: a light source, which emits a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics; a chromatically separating element, which separates the light beam into different wavelengths; a reticle, wherein a pattern is formed; an illumination optical system, which radiates light beams of a plurality of wavelengths, which were separated out by the chromatically separating element, to different positions on the reticle; a projection optical system, which transfers an image of the pattern of the reticle, which was obtained by illumination by the illumination optical system, onto a photosensitive substrate; a chromatic aberration correcting means, which corrects chromatic aberration that arises at different positions on the reticle; and an 10 illumination unevenness correcting means, which corrects illumination unevenness that arises at different positions on the reticle.

15

[0015]

Here, the chromatic aberration correcting means is a chromatic aberration correcting plate that is provided in the projection optical system and corrects optical path lengths, or is 20 configured to tilt a first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, with respect to an optical axis of the light radiated onto the photosensitive substrate via the projection optical system.

[0016]

In addition, the illumination unevenness correcting means is a synchronization 25 mechanism that synchronously scans the first stage, whereon the photosensitive substrate is mounted, and a second stage, whereon the reticle is mounted, or is a luminous flux intensity correcting plate, which is disposed in the illumination optical system and at a position conjugate to the reticle, that is configured such the transmittance varies within its surface.

[0017]

30 In addition, a projection exposing method of the present invention achieves the abovementioned object by: separating a light beam that has quasi-monochromatic spectral characteristics into different wavelengths using a chromatically separating element; radiating the plurality of light beams to different positions on a reticle, whereon a pattern is formed, thereby correcting chromatic aberration and illumination unevenness that arise at different

positions on the reticle; and transferring the obtained pattern image of the reticle onto a photosensitive substrate.

[0018]

In the apparatus and method according to the present invention, the light beam, which has quasi-monochromatic spectral characteristics, from the light source is subject to chromatic separation by a chromatically dispersive element such as a prism or a grating, and the colored lights that were separated out are radiated as lights of different spectrums to corresponding positions on the reticle. At this time, because the spectral width at each position on the reticle is the width after the chromatic separation, the spectral width is narrower than that of the light source. Consequently, correcting chromatic aberration and illumination unevenness that arise at each position on the reticle makes it possible to substantially increase the efficiency of the light utilization of the light source, whose spectral width is substantially wider than the achromatic width originally possessed by the projection optical system, without increasing the difficulty of designing the optical system.

[0019]

**Detailed Description of the Preferred Embodiments**

An embodiment of the present invention will now be explained. **FIG. 1** shows a block diagram of a first embodiment according to the present invention. In the same figure, light emitted from a quasi-monochromatic light source **11**, which emits a light beam that has the quasi-monochromatic spectral characteristics of an excimer laser, an excimer lamp, or the like, is transformed into parallel light by a collimator lens **12**, is reflected by a mirror **13**, which changes the light's optical path, and furthermore passes through a prism **14**, which serves as one example of a chromatically separating element, thereby being separated into lights **SP1**, **SP2** and the like, which have different wavelengths. The lights **SP1**, **SP2** each pass through a homogenizer **15**, transmit separately through two relay lenses **16**, **17**, which are disposed at different positions in the directions within the paper plane in the same figure, furthermore transmit through a common relay lens **18**, are reflected by a mirror **19** that changes their optical paths, pass through a condenser lens **110**, and impinge a reticle **111**, which is illuminated at different positions in the directions within the paper plane.

[0020]

At this time, because the lights **SP1**, **SP2** have different light intensities, illumination unevenness arises. However, illumination unevenness in directions perpendicular to the paper surface in **FIG. 1** is corrected by the homogenizer **15**, and thereby uniform illumination is produced. Here, because the spectrum of the illumination light differs at each position on the

reticle 111, chromatic aberration likewise differs at each position. Accordingly, in the present embodiment, a chromatic aberration correcting plate 113 is inserted between an optical system 114 and the reticle 111, which corrects the optical path length at each position.

Namely, the projection optical system of the present embodiment comprises the chromatic

5 aberration correcting plate 113 and the optical system 114.

[0021]

An image of the pattern area of the reticle 111 is first corrected principally for chromatic aberration in the optical axis directions by using the chromatic aberration correcting plate 113 to correct its optical path length, after which the image is reduced by the 10 optical system 114 and then projected onto a photosensitive substrate 115 (i.e., a wafer), which is mounted on a wafer stage 116, thereby exposing the photosensitive substrate 115.

[0022]

In addition, as mentioned above, illumination unevenness in the directions within the paper plane arises on the reticle 111. To solve this problem in the present embodiment, a 15 synchronization mechanism 117 is used to scan reticle stages 112a, 112b, whereupon the reticle 111 is mounted, and the wafer stage 116, while maintaining an image forming relationship in the directions within the paper plane. Thereby, the abovementioned illumination unevenness in the directions within the paper plane can be corrected by equalizing the illumination on the reticle 111 in the directions within the paper plane of FIG.

20 1.

[0023]

**FIG. 2** is a block diagram of a second embodiment of the projection exposure apparatus according to the present invention. In the same figure, constituent parts that are identical to those in **FIG. 1** are assigned the same symbols, and explanations thereof are 25 therefore omitted. In the second embodiment shown in **FIG. 2**, chromatic aberration is corrected simply, namely, by tilting a wafer stage 23 with respect to the optical axis.

[0024]

In **FIG. 2**, the lights SP1, SP2 that pass through the condenser lens 110 and impinge the reticle 111 illuminate the pattern area of the reticle 111 at different positions in the 30 directions within the paper plane.

[0025]

At this time, because the lights SP1, SP2 have different light intensities, illumination unevenness arises as mentioned above. However, the illumination unevenness in directions perpendicular to the paper surface in **FIG. 2** is corrected by the homogenizer 15, as in the first

embodiment, and thereby uniform illumination is produced. Moreover, illumination unevenness in the directions within the paper plane of **FIG. 2** is corrected, as in the first embodiment, by using a synchronization mechanism **22** to scan the reticle stages **112a**, **112b**, whereupon the reticle **111** is mounted, and the wafer stage **23** while maintaining the image forming relationship in the directions within the paper plane.

5 [0026]

In addition, because the spectrum of the illumination light differs at each position of the reticle **111**, the chromatic aberration likewise differs at each position. Accordingly, in the present embodiment, chromatic aberration is corrected by tilting the wafer stage **23** with respect to the optical axis. Namely, the image of the pattern area of the reticle **111** is reduced by a projection optical system **21** and radiated onto the wafer **115**; however, the image forming positions differ according to the wavelength, namely, the shorter the wavelength is, the closer the image is formed to the projection optical system **21** side.

10 [0027]

15 For example, if light of a wavelength of 193 nm is shifted by 1 pm, then, with a dioptric optical system made of synthetic quartz, the image forming position is shifted in the optical axis directions by 0.15  $\mu$ m. Here, because the wavelength of the light **SP1** is shorter than that of the light **SP2**, the left end portion of the wafer stage **23** is tilted such that it is positioned higher than the right end portion, as shown in **FIG. 2**. In addition, the angle of 20 inclination is prescribed according to, for example, the irradiated surface of the reticle **111**.

[0028]

Next, a third embodiment of the present invention will be explained. **FIG. 3** is a block diagram of the third embodiment of the projection exposure apparatus according to the present invention. In the same figure, constituent parts identical to those in **FIG. 1** are 25 assigned the same symbols, and explanations thereof are therefore omitted. In contrast with the embodiment shown in **FIG. 1**, wherein luminous flux intensity nonuniformity is corrected by the reticle stages **112a**, **112b** and the wafer stage **116**, the embodiment shown in **FIG. 3** corrects luminous flux intensity nonuniformity at each position in the directions within the paper plane on the reticle **111** by inserting a luminous flux intensity correcting plate **31** in the 30 optical path between the relay lenses **16**, **17** and the relay lens **18** at a position that is conjugate to the reticle **111**.

[0029]

In the luminous flux intensity correcting plate 31, transmittance at each position within its surface is varied so as to correct luminous flux intensity nonuniformity at each position in the directions within the paper plane on the reticle 111; thereby, uniform illumination is produced over all positions in the directions within the paper plane on the 5 reticle 111. In the present embodiment, the synchronization mechanism 117 can be made unnecessary.

[0030]

A fourth embodiment of the present invention will now be explained. **FIG. 4** is a block diagram of the fourth embodiment of the projection exposure apparatus according to 10 the present invention. In the same figure, constituent parts identical to those in **FIG. 3** are assigned the same symbols, and explanations thereof are therefore omitted. In the embodiment shown in **FIG. 4**, chromatic aberration is corrected by tilting a wafer stage 42 whereon the wafer 115, whereto a reduction projected image of the reticle 111 is radiated by a projection optical system 41, is mounted.

15 [0031]

Furthermore, in the embodiments above, the prism 14 is used as the chromatically separating element, but the present invention is not limited thereto; for example, some other chromatically separating element such as a grating may be used. In addition, various types of projection optical systems, such as a dioptric or a catadioptric type, can be used as the 20 projection optical system.

[0032]

**Effects of the Invention**

As explained above, according to the present invention, the light utilization efficiency of a light source whose spectral width is substantially greater than the achromatic width 25 originally possessed by a projection optical system is increased without making the design of the optical system difficult, which makes it possible to increase the throughput of the projection exposure apparatus and, in turn, to increase semiconductor device productivity.

**Brief Description of the Drawings**

**FIG. 1** is a block diagram of a first embodiment according to the present invention.

30 **FIG. 2** is a block diagram of a second embodiment according to the present invention.

**FIG. 3** is a block diagram of a third embodiment according to the present invention.

**FIG. 4** is a block diagram of a fourth embodiment according to the present invention.

**FIG. 5** is a block diagram of one example of a conventional apparatus.

**Explanation of Symbols**

11	Quasi-monochromatic light source
12	Collimator lens
14	Prism
15	Homogenizer
5 16–18	Relay lenses
21, 41	Projection optical systems
22, 117	Synchronization mechanisms
23, 42, 116	Wafer stages
31	Luminous flux intensity correcting plate
10 110	Condenser lens
111	Reticle
112a, 112b	Reticle stages
113	Chromatic aberration correcting plate
114	Optical system
15 115	Photosensitive substrate (wafer)

## DRAWINGS

**FIG. 1**

- 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 5 15 HOMOGENIZER
- 111 RETICLE
- 112a,b RETICLE STAGES
- 113 CHROMATIC ABERRATION CORRECTING PLATE
- 114 OPTICAL SYSTEM
- 10 115 PHOTOSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)
- 116 WAFER STAGE
- 117 SYNCHRONIZATION MECHANISM

**FIG. 2**

- 15 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 15 HOMOGENIZER
- 111 RETICLE
- 112a,b RETICLE STAGES
- 20 21 PROJECTION OPTICAL SYSTEM
- 22 SYNCHRONIZATION MECHANISM
- 23 WAFER STAGE
- 115 PHOTOSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)

**FIG. 3**

- 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 15 HOMOGENIZER
- 31 LUMINOUS FLUX INTENSITY CORRECTING PLATE
- 30 111 RETICLE
- 113 CHROMATIC ABERRATION CORRECTING PLATE
- 114 OPTICAL SYSTEM
- 115 PHOTOSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)
- 116 WAFER STAGE

**FIG. 4**

- 11 QUASI-MONOCHROMATIC LIGHT SOURCE
- 14 PRISM
- 5 15 HOMOGENIZER
- 31 LUMINOUS FLUX INTENSITY CORRECTING PLATE
- 111 RETICLE
- 41 PROJECTION OPTICAL SYSTEM
- 42 WAFER STAGE
- 10 115 PHOTOSENSITIVE SUBSTRATE (WAFER)

**FIG. 5**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-115811

(43) 公開日 平成9年(1997)5月2日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 21/027			H 01 L 21/30	5 1 5 D
G 03 F 7/20	5 2 1		G 03 F 7/20	5 2 1
			H 01 L 21/30	5 1 5 B

審査請求 有 請求項の数6 OL (全7頁)

(21) 出願番号 特願平7-272269

(22) 出願日 平成7年(1995)10月20日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 田辺 容由

東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 松浦 兼行

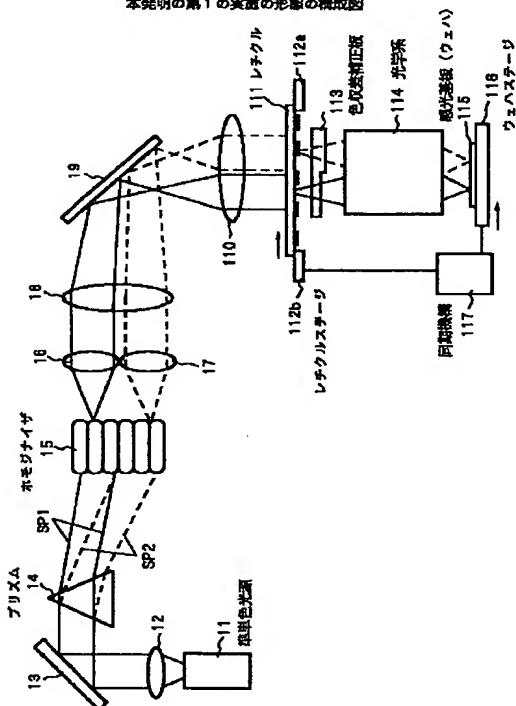
(54) 【発明の名称】 投影露光装置及び投影露光方法

(57) 【要約】

【課題】 色分散素子色分離された複数の光の一部のみしかスリットを通過できないため、光源からのレーザ光のスペクトルすべてを利用することができず、光利用効率が落ちて、投影露光装置のスループット低下を引き起こす。反射屈折光学系を用いた従来装置は、光学系設計及び製造が難しい点不利である。

【解決手段】 光源11からの準単色なスペクトル特性を有する光ビームをプリズム14により色分離を行い、色分離した各色の光がレチクル111の各位置に異なるスペクトルの光として照射される。レチクル111のパターン領域の像は、色収差補正板113により光路長が補正されることにより、主に光軸方向の色収差が補正される。また、レチクルステージ112a、112bと、ウェハステージ116とを同期機構117を用いて、紙面内方向に結像関係を保ちながら走査して上記照明むらを補正する。

本発明の第1の実施の形態の構成図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 準単色なスペクトル特性を有する光ビームを出射する光源と、前記光ビームを異なる波長毎に分離する色分離素子と、パターンが形成されたレチクルと、前記色分離素子により分離された複数の波長の光ビームを、それぞれ前記レチクルの異なる位置に照射する照明光学系と、前記照明光学系により照明して得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写する投影光学系と、前記レチクルの異なる位置において生じる色収差を補正する色収差補正手段と、前記レチクルの異なる位置において生じる照明むらを補正する照明むら補正手段とを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記色収差補正手段は、前記投影光学系中に設けられて光路長を補正する色収差補正板であることを特徴とする請求項1記載の投影露光装置。

【請求項3】 前記色収差補正手段は、前記感光基板を載置する第1のステージを、前記投影光学系を介して前記感光基板上に照射される光の光軸に対して傾斜した構成であることを特徴とする請求項1記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記照明むら補正手段は、前記感光基板を載置する第1のステージと、前記レチクルを載置する第2のステージをそれぞれ同期して走査する同期機構であることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか一項記載の投影露光装置。

【請求項5】 前記照明むら補正手段は、前記照明光学系中で、かつ、前記レチクルと共に位置に配置された、面内の透過率が異なる構成の照度補正板であることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか一項記載の投影露光装置。

【請求項6】 準単色なスペクトル特性を有する光ビームを色分離素子により異なる波長毎に分離し、これら複数の光ビームをパターンが形成されたレチクルの異なる位置に照射し、これにより該レチクルの異なる位置において生じる色収差と照明むらをそれぞれ別々に補正し、得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写することを特徴とする投影露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は投影露光装置及び投影露光方法に係り、特に半導体集積回路等の製造工程で、回路パターンの転写に利用される投影露光装置及び投影露光方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 超高圧水銀ランプのg線やi線スペクトルを光源として投影を行うステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置、いわゆるステッパは半導体集

積回路の製造におけるリソグラフィ工程において中心的役割を担っている。しかし、最近では半導体集積回路の集積度がますます高くなり、ステッパの解像力を向上させるために、より短波長の光を発生させる高輝度、高出力のKrFエキシマレーザやArFエキシマレーザを光源とするステッパが注目されている。

【0003】 KrFエキシマレーザ（波長248nm）やArFエキシマレーザ（波長193nm）の波長域では投影レンズに使用できる材料は合成石英、螢石等に限定される。しかし、螢石は結晶材料の品質及び大きさによりレンズ設計及び製造上かなりの制限を受けるため、合成石英のみの単一硝材からなる投影レンズが一般に用いられている。

【0004】 投影光学系としてレンズのみから構成される屈折光学系を用いるときには、大きな色収差が発生するため、エキシマレーザ光源のスペクトル幅を狭帯域化する必要がある。KrFエキシマレーザの場合には、グレーティング、プリズム等の波長選択素子を備えることにより、スペクトル幅を1pm程度までの狭帯域化が実現している。現在、このKrFエキシマレーザを用いたステッパが市販されている。

【0005】 合成石英の色分散は、短波長になるほど大きくなるため、ArFエキシマレーザの場合には、0.3pmまで狭帯域化する必要があるが、これはまだ実現されていない。この問題を解決するために、従来より図5の構成図に示すように、照明光学系中に色分散素子54を挿入して色分離を行っている投影露光装置が知られている（特開平1-289113号公報）。

【0006】 図5において、エキシマレーザ装置51から出射された、狭帯域化されたレーザ光はコリメータレンズ52で平行光化され、ミラー53で反射され、更に色分散素子54でSP1とSP2に色分離される。色分離された光SP1はリレーレンズ55を通してスリット56a、56bを通過し、リレーレンズ57を通してホモジナイザ58に入射されるが、色分離されたもう一方の光SP2はスリット56a、56bにより阻止される。

【0007】 ホモジナイザ58を通過した光SP1は、リレーレンズ59及び60をそれぞれ通してミラー61で反射されて光路が変えられ、更にコンデンサレンズ62で適度に集光された後、レチクル63のパターン領域を均一な照度で照明する。このパターン領域の像は投影光学系64により縮小された後、ウェハステージ66上に載置されたウェハ65上に投影露光される。

【0008】 この従来の投影露光装置では、露光に用いるスペクトルの光と不要なスペクトルの光とでは集光レンズの色収差によって集光位置が異なることを用い、集光レンズによる結像スペクトル光の集光位置に配置したスリット56a、56bにより、レーザ光を結像スペクトル光SP1と不要なスペクトルの光SP2とに分離

し、結像スペクトル光SP1のみを抽出しているため、照明光への不要なスペクトルの光の混入を低減させ、実質的に光ビームのスペクトルの帯域を狭帯域化しようとしている。

【0009】また、従来、投影光学系としてレンズ及びミラーから構成される反射屈折光学系を用いることにより、色収差の問題を大きく軽減した投影露光装置も知られている（特開平2-66510号公報）。この従来の投影露光装置によれば、波長193nmでスペクトル幅2nmの色消しが可能である。このときには、ArFエキシマレーザを狭帯域化せずにすべてのスペクトルが利用可能である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、前者の従来の投影露光装置では、図5に示したように照明光学系中に挿入された色分散素子54により色分離された光SP1は、スリット56a、56bを通過するが、光SP2はスリット56a、56bを通過できないため、光源51からのレーザ光のスペクトルすべてを利用することができず、光利用効率が落ちて、投影露光装置のスループット低下を引き起こす。

【0011】また、後者の従来の投影露光装置では、ArFエキシマレーザを狭帯域化せずにすべてのスペクトルが利用可能である反面、色収差という点からすると反射屈折光学系が屈折光学系に比べて有利であるが、光学系設計及び製造が難しい点不利である。

【0012】また、ArFエキシマレーザより短波長な光源として、Xe<sub>2</sub>エキシマランプがある。この光源の中心波長は172nm、スペクトル半値幅は14nmである。エキシマランプを光源として用いる場合には、反射屈折光学系を用いても光源のスペクトルのほんの一部しか利用することができず、投影露光装置のスループット低下を引き起こす。

【0013】本発明は以上の点に鑑みなされたもので、準単色なスペクトルを持つ光源に対して光利用率が高い投影光学系を有する投影露光装置及び投影露光方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の投影露光装置は、準単色なスペクトル特性を有する光ビームを射出する光源と、光ビームを異なる波長毎に分離する色分離素子と、パターンが形成されたレチクルと、色分離素子により分離された複数の波長の光ビームを、それぞれレチクルの異なる位置に照射する照明光学系と、照明光学系により照明して得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写する投影光学系と、レチクルの異なる位置において生じる色収差を補正する色収差補正手段と、レチクルの異なる位置において生じる照明むらを補正する照明むら補正手段とを有する構成としたものである。

【0015】ここで、色収差補正手段は、投影光学系中に設けられて光路長を補正する色収差補正板か、若しくは感光基板を載置する第1のステージを、投影光学系を介して前記感光基板上に照射される光の光軸に対して傾斜した構成である。

【0016】また、照明むら補正手段は、感光基板を載置する第1のステージと、レチクルを載置する第2のステージをそれぞれ同期して走査する同期機構か、若しくは照明光学系中で、かつ、前記レチクルと共に位置に配置された、面内の透過率が異なる構成の照度補正板であることを特徴とする。

【0017】また、本発明の投影露光方法は、上記の目的を達成するため、準単色なスペクトル特性を有する光ビームを色分離素子により異なる波長毎に分離し、これら複数の光ビームをパターンが形成されたレチクルの異なる位置に照射し、これによりレチクルの異なる位置において生じる色収差と照明むらをそれぞれ別々に補正し、得られたレチクルのパターン像を感光基板上に転写することを特徴とする。

【0018】本発明装置及び方法では、光源からの準単色なスペクトル特性を有する光ビームをプリズムやグレーティング等の色分散素子を配置して色分離を行い、色分離した各色の光がレチクルの各位置に異なるスペクトルの光として照射される。このときレチクルの各位置におけるスペクトル幅は色分離した後なので、光源のスペクトル幅に比べて狭くなっている。このため、このときレチクルの各位置に生じる色収差と照明むらをそれぞれ補正することにより、光学系設計を難しくすることなく、実質的に投影光学系が本来持っていた色消し幅よりも広いスペクトル幅を持つ光源の光利用効率が上がる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明の第1の実施の形態の構成図を示す。同図において、エキシマレーザあるいはエキシマランプなどの準単色なスペクトル特性を有する光ビームを射出する準単色光源11から射出された光は、コリメートレンズ12により平行光化された後、ミラー13で反射されて光路が変えられ、更に色分離素子の一例としてのプリズム14を通過することにより、異なる波長を持つ光SP1、SP2などに分離される。光SP1及びSP2はそれぞれホモジナイザ15を通過して、同図の紙面内方向の異なる位置に配置された2つのリレーレンズ16及び17を別々に透過し、更に共通のリレーレンズ18を透過してミラー19により光路が変えられ、コンデンサレンズ110を通してレチクル111に入射され、これを紙面内方向の異なる位置で照明する。

【0020】このとき、光SP1とSP2は異なる光強度を持つため、照明むらが生じる。しかし、図1の紙面に垂直な方向の照明むらに関しては、ホモジナイザ15により補正され均一な照明とされている。ここで、レチ

クル111の各位置で照明光のスペクトルが異なるため、色収差は各位置で異なる。そこで、この実施の形態では、光学系114とレチクル111の間に、色収差補正板113を挿入して各位置での光路長の補正をしている。すなわち、この実施の形態の投影光学系は色収差補正板113と光学系114から構成される。

【0021】レチクル111のパターン領域の像は、色収差補正板113により光路長が補正されることにより、主に光軸方向の色収差が補正された後、光学系114により縮小され、ウェハステージ116上に載置された感光基板（ウェハ）115上に投影露光される。

【0022】また、レチクル111上では前記したように、紙面内方向に照明むらが生じている。この実施の形態では、この問題を解決するために、レチクル111を載置しているレチクルステージ112a、112bと、ウェハステージ116とを同期機構117を用いて、紙面内方向に結像関係を保ちながら走査する。これにより、レチクル111上の照明を図1の紙面内方向に平均化することにより、上記の紙面内方向の照明むらを補正することができる。

【0023】図2は本発明になる投影露光装置の第2の実施の形態の構成図を示す。同図中、図1と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図2に示す第2の実施の形態は、ウェハステージ23が光軸に対して傾斜されることにより、色収差を簡便に補正するようにした点に特徴がある。

【0024】図2において、コンデンサレンズ110を通してレチクル111に入射された光SP1及びSP2は、レチクル111のパターン領域を紙面内方向の異なる位置で照明する。

【0025】このとき、光SP1とSP2は異なる光強度を持つため、前記したように照明むらが生じる。しかし、図2の紙面に垂直な方向の照明むらに関しては、第1の実施の形態と同様に、ホモジナイザ15により補正され均一な照明とされている。一方、図2の紙面内方向の照明むらに関しては、レチクル111を載置しているレチクルステージ112a、112bと、ウェハステージ23とを同期機構22を用いて、紙面内方向に結像関係を保ちながら走査することにより、第1の実施の形態と同様に補正する。

【0026】また、レチクル111の各位置で照明光のスペクトルが異なるため、色収差は各位置で異なる。そこで、この実施の形態では、ウェハステージ23を光軸に対して傾斜することにより、色収差を補正するようにしている。すなわち、レチクル111のパターン領域の像は、投影光学系21により縮小されてウェハ115上に照射されるが、その結像位置は波長によって異なり、波長が短い方が投影光学系21側に結像される。

【0027】例えば、波長193nmの光が1pmずれると、合成石英で構成される屈折光学系では0.15μ

m結像位置が光軸方向にずれる。ここでは、光SP1の波長が光SP2の波長よりも短いので、図2に示すように、ウェハステージ23は図中左端部分が右端部分よりも高い位置になるように傾斜されている。また、この傾斜角度はレチクル111の照射面などによって定められる。

【0028】次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。図3は本発明になる投影露光装置の第3の実施の形態の構成図を示す。同図中、図1と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図3の実施の形態は、図1の実施の形態がレチクルステージ112a、112bとウェハステージ116で照度むらを補正していたのに対し、照度補正板31をリレーレンズ16、17とリレーレンズ18の間の光路中の、レチクル111と共に役となる位置に挿入してレチクル111上の紙面内方向の各位置における照度むらを補正した点に特徴がある。

【0029】上記の照度補正板31は面内の各位置における透過率が、レチクル111上の紙面内方向の各位置における照度むらを補正するように異なるようにされており、これにより、レチクル111上の紙面内方向の各位置では均一な照明となるようにしている。この実施の形態では、同期機構117を不要にできるという特徴がある。

【0030】次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。図4は本発明になる投影露光装置の第4の実施の形態の構成図を示す。同図中、図3と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図4の実施の形態は、色収差を補正するために、投影光学系41によりレチクル111の縮小投影像が照射されるウェハ115が載置されるウェハステージ42を傾斜させた点に特徴がある。

【0031】なお、以上の実施の形態では、色分離素子としてプリズム14を用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、グレーティング等の他の色分離素子を用いてもよい。また、投影光学系としては屈折型、反射屈折型等種々のものを用いることができる。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光学系設計を難しくすることなく、実質的に投影光学系が本来持っていた色消し幅よりも広いスペクトル幅を持つ光源の光利用効率が上がるため、投影露光装置のスループットを上げ、ひいては半導体装置の生産性を上げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の構成図である。  
 【図2】本発明の第2の実施の形態の構成図である。  
 【図3】本発明の第3の実施の形態の構成図である。  
 【図4】本発明の第4の実施の形態の構成図である。  
 【図5】従来装置の一例の構成図である。

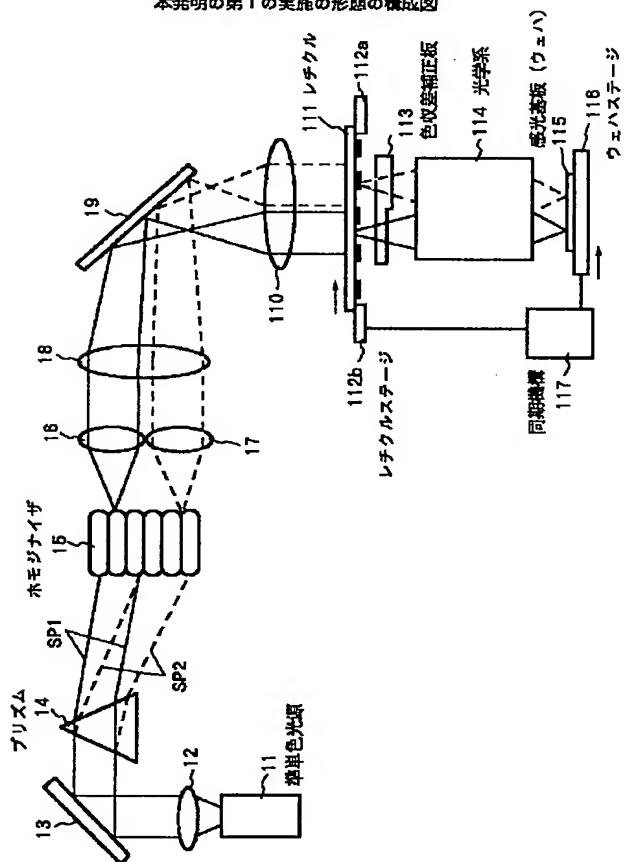
## 【符号の説明】

1 1 準単色光源  
 1 2 コリメートレンズ  
 1 4 プリズム  
 1 5 ホモジナイザ  
 1 6 ~ 1 8 リレーレンズ  
 2 1 、 4 1 投影光学系  
 2 2 、 1 1 7 同期機構

(5) \* 2 3 、 4 2 、 1 1 6 ウェハステージ  
 3 1 照度補正板  
 1 1 0 コンデンサレンズ  
 1 1 1 レチクル  
 1 1 2 a 、 1 1 2 b レチクルステージ  
 1 1 3 色収差補正板  
 1 1 4 光学系  
 \* 1 1 5 感光基板 (ウェハ)

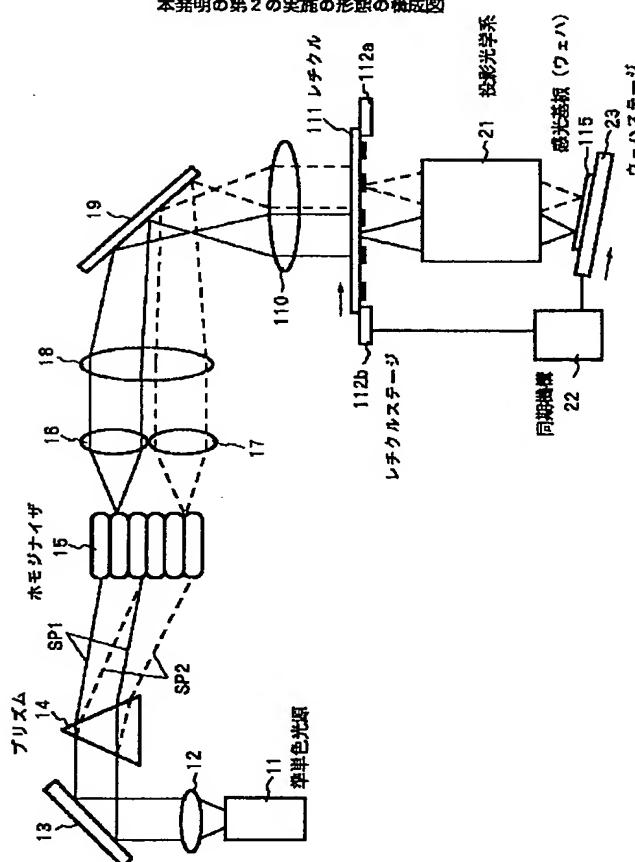
【図 1】

本発明の第1の実施の形態の構成図

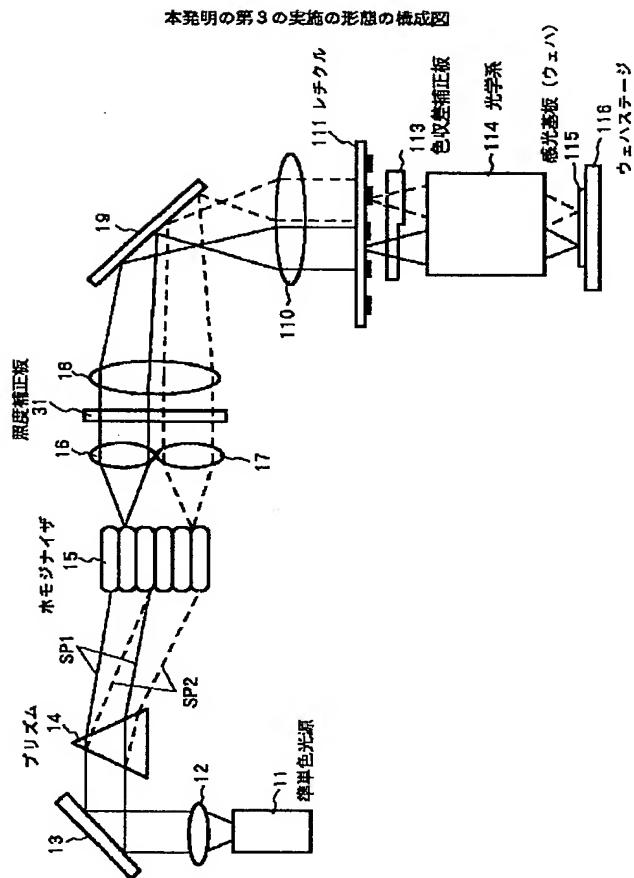


【図 2】

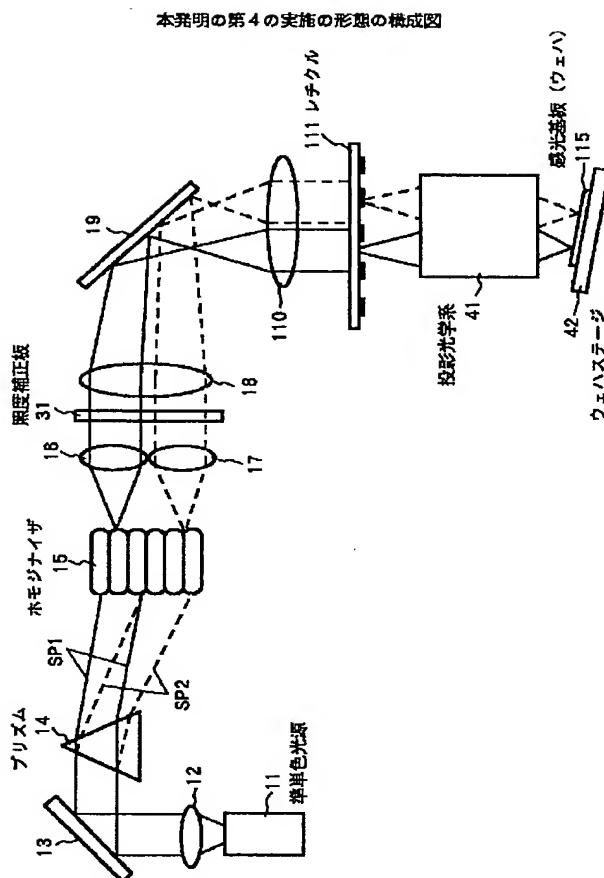
本発明の第2の実施の形態の構成図



【図3】



【図4】



【図5】

従来装置の一例の構成図

